

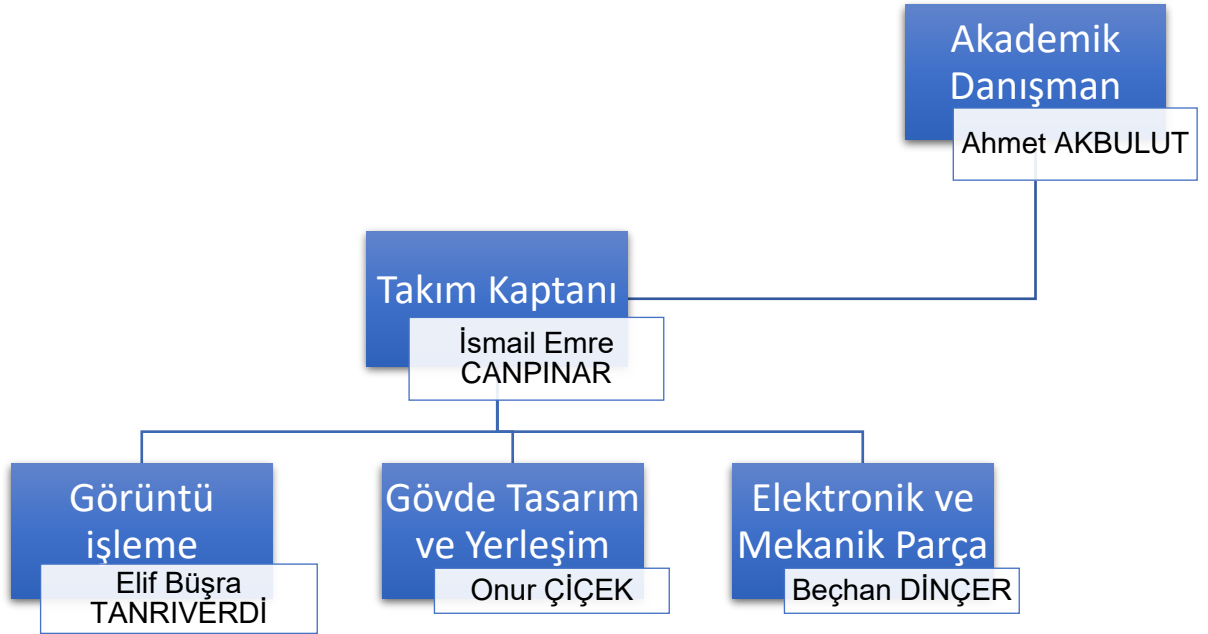


5. ULUSLARARASI İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI
YARIŞMASI
KAVRAMSAL TASARIM RAPORU



TAKIM ADI: KUSBEGİ
ARAÇ TÜRÜ: DÖNER KANAT
ÜNİVERSİTE: ANKARA ÜNİVERSİTESİ
AKADEMİK DANIŞMAN: AHMET AKBULUT

1. ORGANİZASYON ÖZETİ



1.1. Takım Organizasyonu

DR.ÖĞR.ÜYESİ AHMET AKBULUT (Akademik Danışman) :

Ankara Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü öğretim üyesidir. İnsansız hava araçları konusunda çeşitli lisans bitirme projeleri, bir adet öğrenci odaklı BAP projesi, ve bir lisansüstü tez yönetmiştir. Bunların yanı sıra SANTEZ, TÜBİTAK, SSB ve sanayi işbirliği kapsamında özellikle ASELSAN A.Ş. ile birlikte çok sayıda projede görev almıştır.

İSMAİL EMRE CANPINAR (Takım Kaptanı) :

Ankara Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği 3. Sınıf öğrencisidir. Python, C# ve C++ dillerine yatkınlığı vardır. Otonom uçuş tecrübesi olup PX4 otopilotu kodlamış ve Dronekit ile yardımcı bilgisayarlar kullanarak görüntü işleme destekli otonom uçuşlar gerçekleştirmiştir. 17.Uluslararası ODTÜ Robot Günleri yarışmasında kaptanlığını yürüttüğü takım ile Otonom İHA kategorilerinin birisinde birincilik almış ve diğer kategoride mansiyon ödülünü kazanmıştır.

BEÇHAN DİNÇER (Elektronik ve Mekanik Parça) :

Ankara Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği 3. Sınıf öğrencisidir. Solidworks ve Autocad ile ürün tasarlamıştır. Atak helikopterinin kontrol birimlerinin üretiminde yer almış ve zırhlı araçların kablolarının üretiminde görev almıştır. CAN protokolü hakkında deneyim sahibidir.

ONUR ÇİÇEK (Gövde Tasarım ve Yerleşim) :

Ankara Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği 3. sınıf öğrencisidir. 2019 Shell Eco Marathon Teknik Çalıştayı'na katıldı. TUSAŞ'ta sistem mühendisliği ve aviyonik sistemler hakkında eğitim aldı şu anda yine TUSAŞ'ta Sikorsky T70 projesi son montaj bölümünde stajyer olarak çalışmaktadır.

ELİF BÜŞRA TANRIVERDİ (Görüntü İşleme) :

Ankara Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliğinde üçüncü sınıf öğrencisidir. Yazılıma ilgi duymaktadır. MATLAB üzerinden çeşitli simülasyonlar ve yapay sinir ağları üzerinde çalışmıştır. AutoCAD üzerinden İHA tasarımları yapmıştır. C, C++, Python programlama dillerinde programlar yazmıştır ve Raspberry Pi ile çalışmıştır. Sistem mühendisliği prensiplerine göre sistem tasarımı yapmıştır ve bu konuda deneyim sahibidir.

1.2. İş Akış Çizelgesi

Yeşil: Görevin yapılması planlanan hafta

Kırmızı: Görevin yapılması gereken son hafta

X: Görevin yapıldığı hafta

1	GÖREVLER	24.02.2020	2.03.2020	9.03.2020	16.03.2020	23.03.2020	30.03.2020	6.04.2020	13.04.2020
2	Takım içi görevlendirilmelerinin verilmesi ve organizasyonun oluşturulması	X							
3	Genel tasarımın belirlenmesi		X						
4	Konfigürasyonun belirlenmesi ve güç parçalarının seçilmesi			X					
5	İlk tasarımın oluşturulması			X					
6	Üretim araçlarının araştırılması				X				
7	İlk prototipin oluşturulması ve üretimi								
8	Hataların belirlenmesi ve hataların düzeltilerek modelin geliştirilmesi								
9	Kullanılacak yazılımın simülasyonu				X				
10	İlk uçuş testlerinin yapılması								
11	Otonom uçuş testlerinin gerçekleştirilmesi								
12	Yarışma düzenin kurulması ve yarışma testlerinin gerçekleştirilmesi								
13	Gerekli yazılımsal ayarlamaların tamamlanması ve son ürüne ulaşma								

1	GÖREVLER	20.04.2020	27.04.2020	4.05.2020	11.05.2020	18.05.2020	25.05.2020	1.06.2020
2	Takım içi görevlendirilmelerinin verilmesi ve organizasyonun oluşturulması							
3	Genel tasarımın belirlenmesi							
4	Konfigürasyonun belirlenmesi ve güç parçalarının seçilmesi							
5	İlk tasarımın oluşturulması							
6	Üretim araçlarının araştırılması							
7	İlk prototipin oluşturulması ve üretimi							
8	Hataların belirlenmesi ve hataları düzelterek modelin geliştirilmesi							
9	Kullanılacak yazılımın simülasyonu							
10	İlk uçuş testlerinin yapılması							
11	Otonom uçuş testlerinin gerçekleştirilmesi							
12	Yarışma düzenin kurulması ve yarışma testlerinin gerçekleştirilmesi							
13	Gerekli yazılımsal ayarlamaların tamamlanması ve son ürüne ulaşma							

1	GÖREVLER	8.06.2020	15.06.2020	22.06.2020	29.06.2020	6.07.2020	13.07.2020	20.07.2020	27.07.2020	3.08.2020
2	Takım içi görevlendirilmelerinin verilmesi ve organizasyonun oluşturulması									
3	Genel tasarımın belirlenmesi									
4	Konfigürasyonun belirlenmesi ve güç parçalarının seçilmesi									
5	İlk tasarımın oluşturulması									
6	Üretim araçlarının araştırılması									
7	İlk prototipin oluşturulması ve üretimi									
8	Hataların belirlenmesi ve hataları düzelterek modelin geliştirilmesi									
9	Kullanılacak yazılımın simülasyonu									
10	İlk uçuş testlerinin yapılması									
11	Otonom uçuş testlerinin gerçekleştirilmesi									
12	Yarışma düzenin kurulması ve yarışma testlerinin gerçekleştirilmesi									
13	Gerekli yazılımsal ayarlamaların tamamlanması ve son ürüne ulaşma									

2. KAVRAMSAL TASARIM

2.1. Görevler İçin İHA Konfigürasyonu

Görevi yerine getirmek için en uygun döner kanatın 4 rotorlu bir X tipi olduğuna karar verilmiştir. Diğer alternatiflerine göre manevra kabiliyeti, maliyet olarak daha avantajlı ve çok kararlı bir yapıda olmasıdır. Tek rotorlu gibi karmaşık bir pal sistemine ihtiyaç duymamakta ve 6-8 rotor kullanan döner kanatlara göre maliyet olarak daha avantajlıdır. Burada 4 rotorlu yapının seçilmesinin en büyük sebebi büyük palleri kullanabilmektir. Büyük pal uzunluğu ve, düşük KV değerli motorlar ile az akımla çok fazla taşıma elde edebiliyoruz. Bunun bize tek dezavantajı yüksek voltajlı (6S) pil kullanması ve bunun getireceği ağırlık farkı olacaktır.

2.2. Gövde ve Mekanik Sistemler

Gövde malzemesi olarak karbon fiber kullanılması düşünülmüştür. Geçmiş tecrübelerden 3B basım sonucu oluşan parçalar ağır oluyor ve yeterince sağlam olmuyorlardı. Titreşime maruz kaldıklarında kolayca bozulabiliyorlardı. Karbon fiber maliyetten kurtarabilmek adına basılmak yerine kestirilecektir.

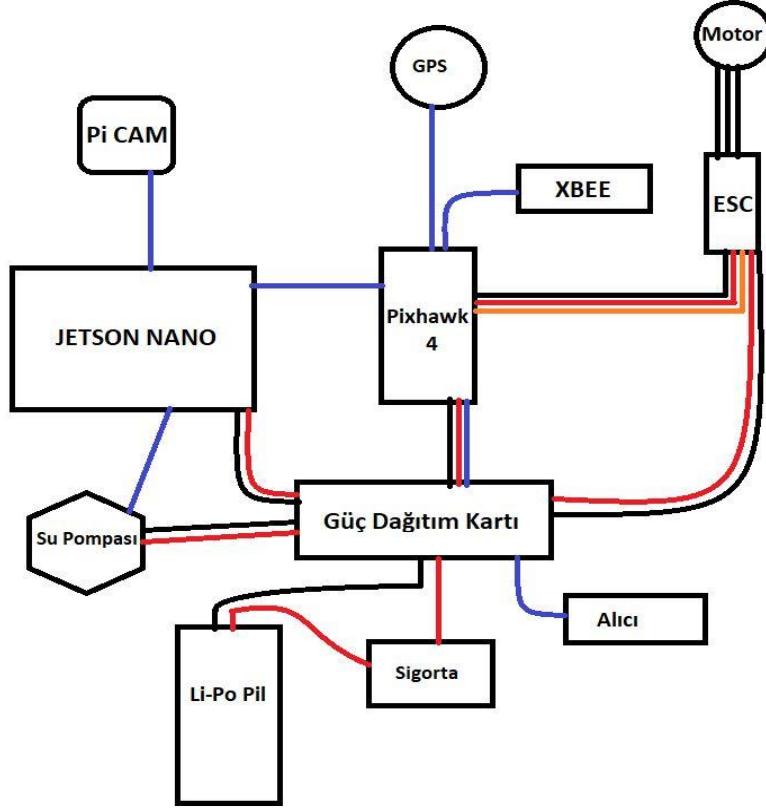
Gövde genel itibari ile iki plakadan oluşacaktır. Bunlardan altta olanı 20x20 cm olup su deposunu ve pili taşıyacaktır. Su deposu ve pil haznesinin üst kapağını oluşturan üst plaka ise diğer elektronik parçaları taşıyacaktır. Sigorta ve güç dağıtım kartı su deposunun yanına monte edilerek elektriksel gürültünün hassas elektronikten uzaklaştırılması sağlanacak ve bize üst plakada daha rahat bir çalışma alanı sunacaktır. Yük taşıyıcı kollar 'X' şeklinde gövdenin ortasında birleştirilecektir. Bu yapı yarış döner kanatlılarında sağlamlığı arttırdığı gibi bizim gövdemiz için de aynı şekilde kullanılacaktır. Ana gövde ile ortada 1 ve köşelerde 4 adet olmak üzere 5 farklı noktadan sabitlenecektir. Kollara altından hiçbir yük binmeyecek ve bütün yük doğrudan üstünden gelecektir. Bu sayede montaj işlemi daha kolay olacak ve daha hafif malzemeler seçilebilecektir.

2.3. Görev Mekanizması Sistemi

Görevi yerine getirebilmek için 1 adet su pompası ve borular kullanılacaktır. Havuza daldırılan kılcal su borusu pompa yardımı ile suyu gövdeye çekecektir. Çekilen su gövdenin üstüne açılmış bir delik ile gövde içerisinde bulunan su deposuna boşaltılacaktır. Su deposunda basıncın oluşmaması ve fazla su alınma ihtimaline karşılık bir egzoz çıkışı olacaktır. Boşaltım sistemi yine aynı yol üzerinden tam tersi işlem ile gerçekleştirilecektir. Hareketli parça olmadığından daha güvenli bir su alımı ve taşıma olacaktır. Gövde üzerinden parça düşme riski bulunmayacaktır.

2.4. Elektrik-Elektronik ve Uçuş Kontrol Sistemi

Devre şemasının genel görünümü Şekil-1 de gösterildiği gibidir. Sistem tek bir güç kaynağı üzerinden beslenmektedir. Bu kaynak 5000 mAh 6S Li-Po pildir. Pilin çıkışında koruma amaçlı olarak bir sigorta bulunur. Bu sigorta hem akım belli bir değeri geçtiğinde kendiliğinden gücü kesebilir hem de olası bir acil durumda üzerindeki tek tuş vasıtası ile manuel olarak güç kesilebilir. Sigortadan sonra gelen güç dağıtım kartı Pixhawk 4 kontrol kartı ile beraber gelmektedir ve içerisinde voltaj düşürücüsü ile alıcı için bağlantı portu vardır. Güç dağıtım kartı sayesinde su pompası, Jetson Nano, ESC ve Pixhawk beslenebilmektedir.



Şekil-1. Devre şeması

Uçuş kontrol kartımız Pixhawk 4 olarak seçilmiştir. Bunun en büyük nedeni içerisinde güç dağıtım kartı (PDB) ile beraber gelmesidir. Bu sayede ek bir PDB yapımı ile uğraşmayacağız ve BEC (Battery eliminator circuit) ihtiyacımızı bu kart üzerinden sağlayacağız. Pixhawk 4 gelişmiş uçuş kontrol kartı modellerinden olup, maliyet olarak da yüksek fiyat değerlerine sahip değildir. Fiyat performans açısından, sistem için ihtiyaç duyduğumuz potansiyeli karşılamaktadır. Görev bilgisayarımız Jetson Nano olarak belirlenmiştir. Raspberry Pi kıyasla çok daha yüksek görüntü işleme performansına sahiptir ve daha yüksek FPS (Frame per second) ile görüntü işlemeyi mümkün kılar. Bu sayede saha sık hedef kontrolü yapılmış olur ve daha keskin hareketler yapmamıza olanak sağlar. Bize sağladığı dezavantajlar ise yüksek güç tüketimi ve raspberry pi kıyasla daha fazla yer kaplamasıdır. Kamerası raspberry pi ile ortak olarak kullanılabilen Pi CAM olacaktır. Su pompası 120 Litre/saat hızına sahip basit ve küçük bir pompadır. İstenilen yüksekliğe su basabildiği test edilmiş ve görev için uygun olduğu belirlenmiştir. GPS Ublox Neo M8N standart pixhawk ile gelen modüldür. İsterleri yeteri kadar karşılamaktadır. Çekeceğimiz akım çok düşük olacağı için 30A 6S ESC kullanmak yeterli olacaktır. Telemetri modülü olarak uçtan uca şifreli XBee modülleri kullanılacaktır. Bu sayede alanda bulunun diğer takımlar ile karışma söz konusu olmayacaktır.

2.5. İtki ve Taşıma Hesapları

Bölüm 2.1 de bahsedildiği gibi konfigürasyonda düşük kv motorlar ve yüksek gerilim ile büyük paller tercih edildi. Tablosu Şekil-2 gibi olan “iFlight XING 4214 3-6S X-CLASS 400KV” motorları kullanılacaktır. Toplam ağırlık maksimum 4kg düşünülerek 2:1 oranına göre hesaplandığında en verimli 8kg itkiyi 14X6 pal ile bu motorlarla alabiliyoruz.

Prop (inch)	Voltages (V)	Throttle (%)	Load Current (A)	Pull(g)	Power(W)	Efficiency (g/W)	Temperature(in full throttle load 10min)
16×6	24	50%	6	1311	144.0	9.104	48C°
		60%	10	1959	240.0	8.163	
		70%	14.5	2564	348.0	7.368	
		80%	20.6	3260	494.4	6.594	
		90%	26.7	3903	640.8	6.091	
		100%	30.9	4301	741.6	5.800	
15X6	24	50%	5.1	1110	122.4	9.069	45C°
		60%	8.6	1659	206.4	8.038	
		70%	10.2	1904	244.8	7.778	
		80%	17.1	2765	410.4	6.737	
		90%	22.3	3330	535.2	6.222	
		100%	25.9	3688	621.6	5.933	
14X6	24	50%	3.9	863	93.6	9.220	45C°
		60%	6.3	1267	151.2	8.380	
		70%	9.3	1705	223.2	7.639	
		80%	12.9	2146	309.6	6.932	
		90%	17.4	2683	417.6	6.425	
		100%	19.8	2953	475.2	6.214	

Şekil-2. XING 4214 Datasheet

Gövdemiz henüz kesilmediğinden net bir ağırlık çıkartamıyoruz ancak yapılan hesaplamalara göre maksimum 400 gram ağırlığında olması planlanmaktadır. Motor tutucu, kollar ve iniş takımları da düşünüldüğünde 500 gram olarak hesaplanmıştır. Şekil-3 üzerinde gözüktüğü üzere su olmadan ağırlığımız 3020 gramdır. Planlanan su miktarı 500 gram olduğu için maksimum sınır ile aramızda iyi bir mesafe bırakmış oluyoruz. Her türlü problem göz önüne alınıp itki ve uçuş süresi hesabı 4 kg üzerinden yapılmıştır. Şekil-4 ile ecalc.ch hesabı gözükmektedir.

İsim	Ağırlık(gr)	Adet	Ağırlık toplam
Pi camera v2	3	1	3
Jetson Nano	250	1	250
Pil (6s)	906	1	906
Motor (XING 4214)	213	4	852
ESC(Sunnysky BLHeli R45A)	19,3	4	77,2
Pixhawk 4	15,8	1	15,8
GPS (Çap = 5 cm)	36	1	36
Pixhawk Power Module	105	1	105
Su Pompası	64	1	64
Sigorta	200	1	200
Kollar ve iniş takımları	100	1	100
Xbee	11	1	11
Gövde Malzemesi	400	1	400
		TOPLAM	3020

Şekil-3. Toplam ağırlık hesabı

Şekil-4 de yapılan konfigürasyondan elde edilen sonuçlar Şekil-5, Şekil-6 ve Şekil-7 de görülmektedir. İtki oranı çok verimli olduğundan manevralar sorunsuz yapılabilecektir. Aynı şekilde uçuş süresi ağırlık daha az olacağından ve pil kapasitesi artırılabiliceği için rahatlıkla uzatılabilir.

Genel	Diküçanın Ağırlığı:	# Motor Sayısı:	Çerçeve Ölçüsü:	Uçuş Denetleyicisi Yatış Sımrı:	Rakım:	Hava Sıcaklığı:	Pasınç (QNH):	
	4000 g Sürücü dahil	4	850 mm	sınır yok	500 m ASL	25 °C	1013 hPa	
	141.1 oz	düz	25.59		1640 ft ASL	77 °F	29.91 inHg	
Batarya Hücresi	Tıp (Devamlı / maks. C) - şarj durumu:	Yapı:	Batarya Kapasitesi:	Maks. deşarj:	Direnç:	Gerilim:	C-Oranı:	Ağırlık:
	LiPo 5000mAh - 6S/100C normal	6 S 1 P	5000 mAh 5000 mAh toplam	85% 	0.0022 Ohm	3.7 V	65 C Sürekli 100 C Maks.	140 g 4.9 oz
Denetleyici	Tıp:	Akım:	Direnç:	Ağırlık:	Aksesuarlar	Çekilen Akım:	Ağırlık:	
	max 30A	30 A Sürekli 30 A Maks.	0.008 Ohm	40 g 1.4 oz		0 A	0 g 0 oz	
Motor	Üretici - Tıp (Kv) - Soğutma:	KV (Tork harıç):	Yüksüz akım:	Sınır (15s'ye kadar):	Direnç:	Gövde Uzunluğu:	# Manyetik Kutup:	Ağırlık:
	iFlight XING X4214-400KV (400) ilyi ara...	400 devide/kV Pervane-Kv-Ara	1.26 A @ 10 V	741 W 	0.0526 Ohm	33 mm 1.3 inç	14	213 g 7.5 oz
Pervane	Tıp - yoke twist:	Çap:	Hatve (Pitch):	# Kanatlar:	PSabiti / TSabiti:	Dişli Oranı:		
	belirsiz 0°	14 inç 355.6 mm	6 inç 152.4 mm	2	1.2 / 1.0	1 : 1	hesapla	

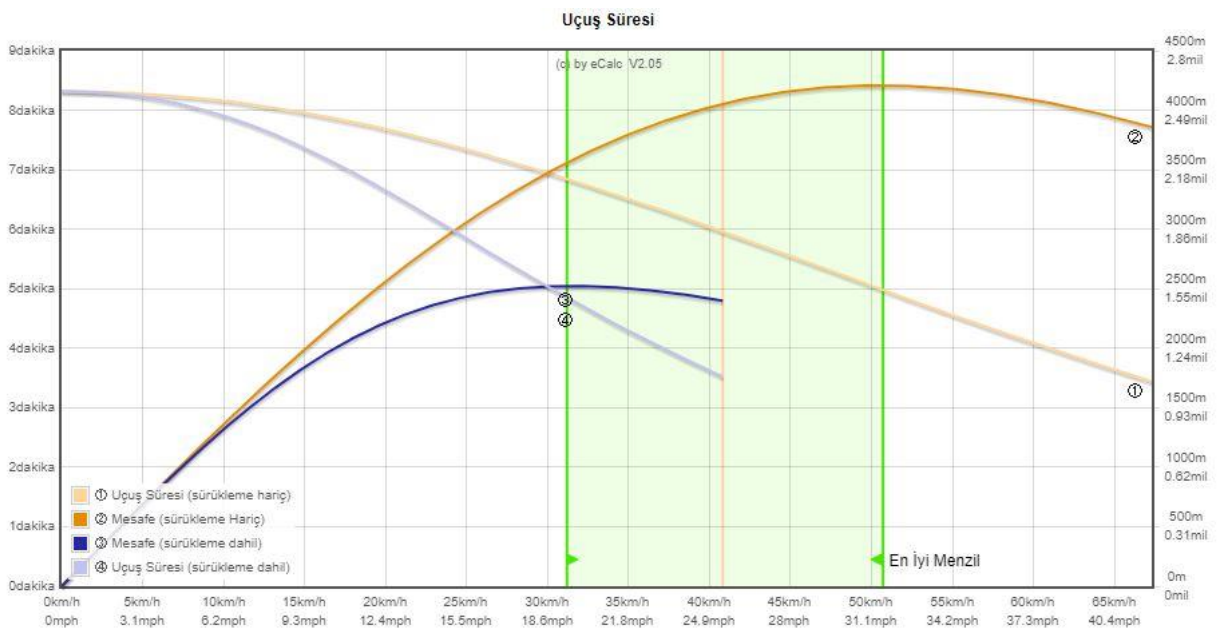


Şekil-4. Tüm konfigürasyon

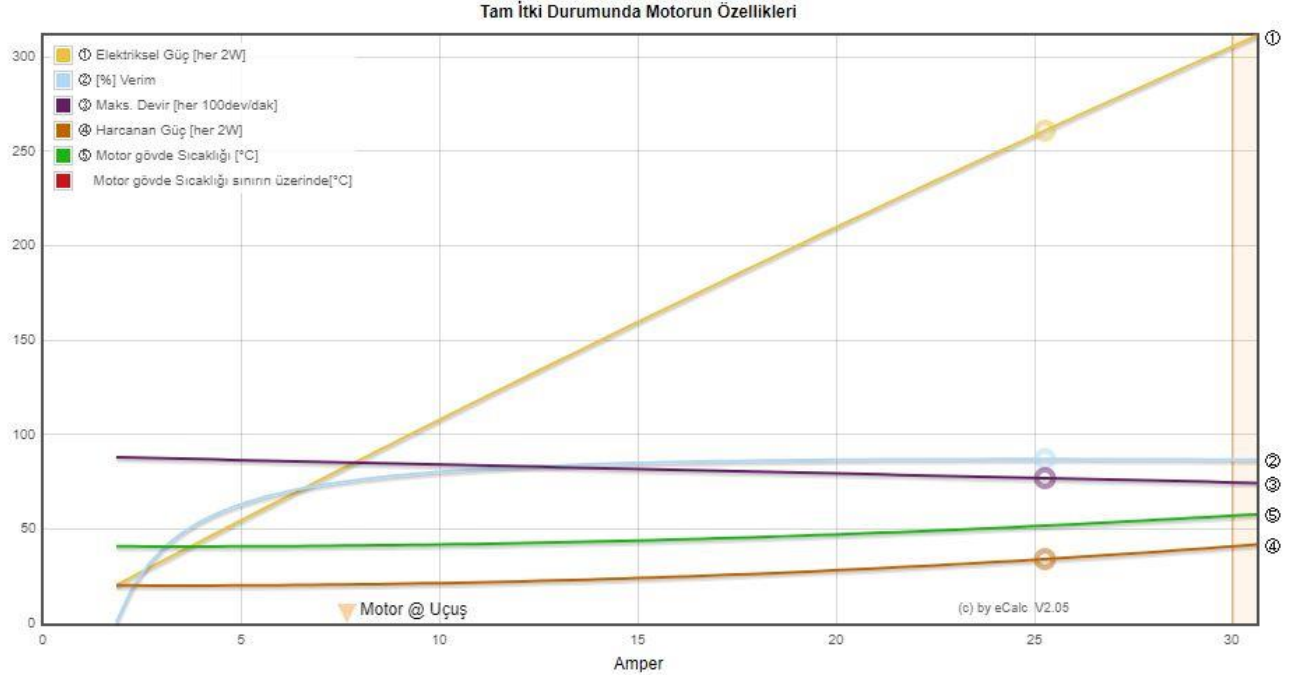
Uyarılar:

Batarya		Motor @ Optimum Verim		Motor @ Maks.		Motor @ Uçuş		Toplam Sürecü		Dokuçar	
Yükle:	20.40 C	Akım:	24.65 A	Akım:	25.50 A	Akım:	7.66 A	Sürücü Ağırlığı:	2037 g	Tokuçar Ağırlık:	4000 g
Gerilim:	20.85 V	Gerilim:	20.70 V	Gerilim:	20.65 V	Gerilim:	21.73 V		71.9 oz		141.1 oz
Anma Gerilimi:	22.20 V	Devir:	7717 dev/dak	Devir:	7677 dev/dak	Devir:	4619 dev/dak	İtki-Ağırlık:	2.1 : 1	İlave Faydalı Yük:	3332 g
Enerji:	111 Wh	Elektriksel Güç:	510.4 W	Elektriksel Güç:	526.6 W	Hızlanma (logaritmik):	44 %	Akım @ Uçuş:	30.65 A		117.5 oz
Toplam Kapasite:	5000 mAh	Mekanik Güç:	443.9 W	Mekanik Güç:	458.0 W	Hızlanma (doğrusal):	57 %	P(giriş) @ Uçuş:	680.3 W	Maks. Yatış:	57 °
Kullanılan Kapasite:	4250 mAh	Verim:	87.0 %	Güç-Ağırlık:	526.6 W/kg	Elektriksel Güç:	166.5 W	P(çıkış) @ Uçuş:	564.1 W	Maks. Hız:	69 km/h
Min. Uçuş Süresi:	2.5 dakika				238.9 W/lb	Mekanik Güç:	141.0 W	verim @ Uçuş:	82.9 %		42.9 mph
Sabit Uçuş Süresi:	6.5 dakika			Verim:	87.0 %	Güç-Ağırlık:	170.1 W/kg	Akım @ Maks.:	102.01 A	Tahmini tırmanma oranı:	8.0 m/s
Uçuş Süresi:	8.3 dakika			Tahmini Sıcaklık:	52 °C		77.2 W/lb	P(giriş) @ Maks.:	2264.6 W		1575 ft/min
Ağırlık:	840 g				126 °F	Verim:	84.7 %	P(çıkış) @ Maks.:	1831.8 W	Toplam disk Alanı:	39.73 dm²
	29.6 oz					Tahmini Sıcaklık:	35 °C	Verim @ Maks.:	80.9 %		615.81 in²
				Wattmetre			95 °F			Rotor başarısızlığı ile:	
				Akım:	102 A	İtki:	6.01 g/W				
				Gerilim:	20.85 V		0.21 oz/W				
				Güç:	2126.7 W						

Şekil-5. Elde edilen veriler



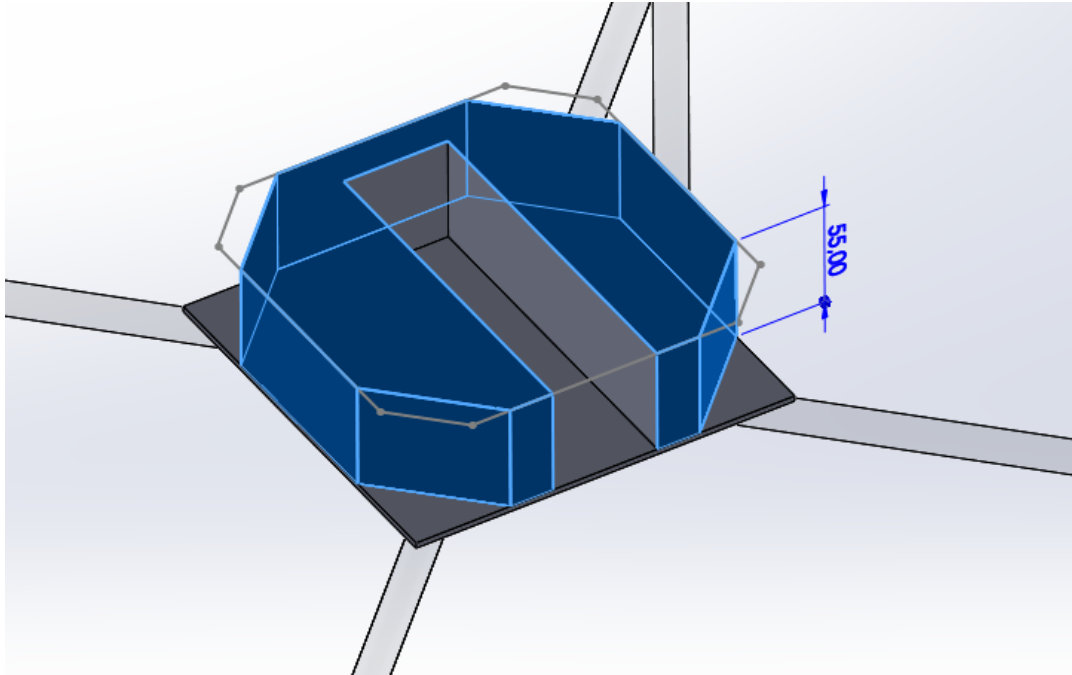
Şekil-6. Elde edilen grafik (1)



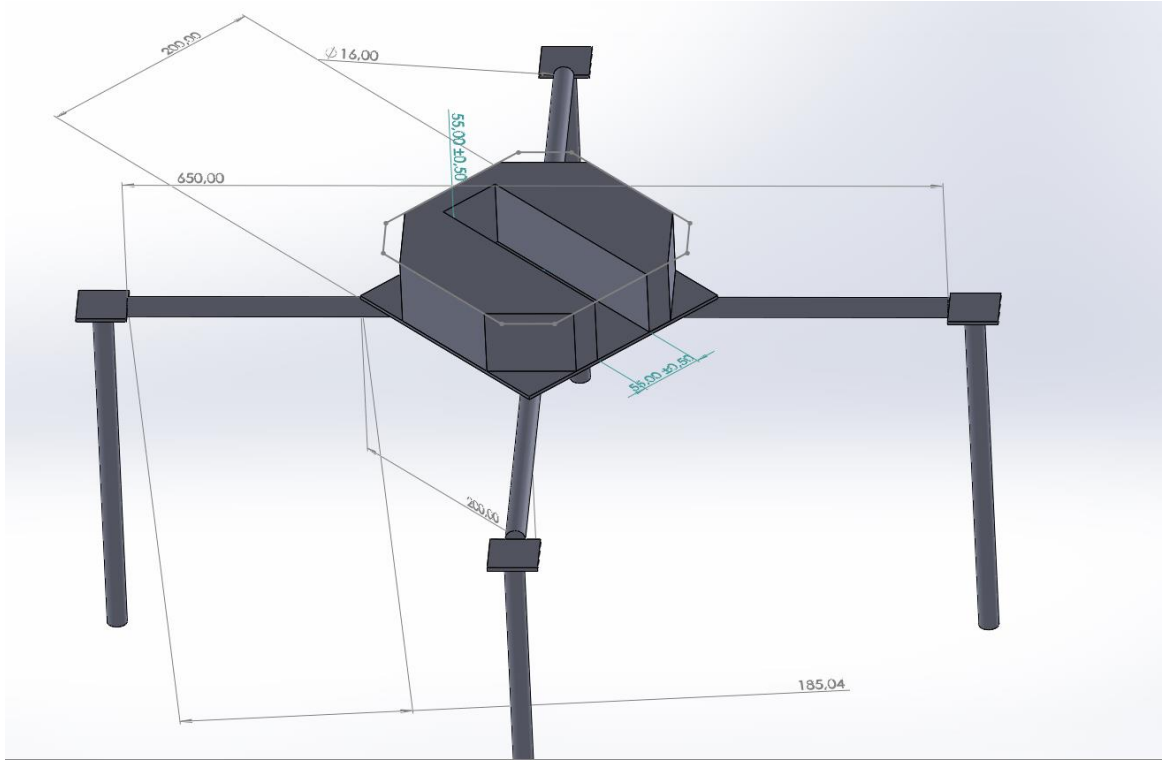
Şekil-7. Elde edilen grafik (2)

2.6. Görsel Tasarım Konfigürasyonu

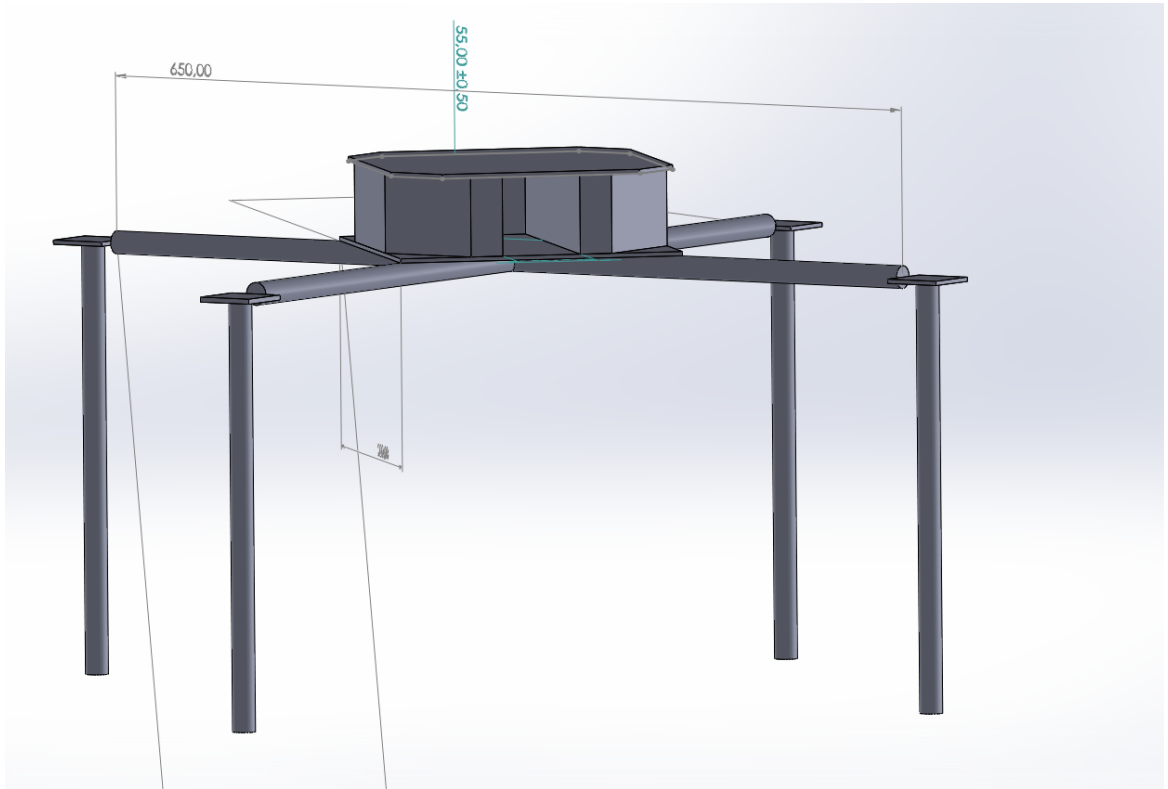
Bölüm 2.1 de anlatıldığı gibi tasarım 2 plaka arasında bulunan su deposu ve pil yuvası ile oluşturulmuştur. Üst plaka pallerin daha rahat dönmesi için köşelerden kesilerek görsel olarak iyileştirilmiştir ve daha güvenli hale getirilmiştir. Bütün gövdeyi alt plakanın altında birleşen karbon fiber borular desteklemektedir. Şekil-8 de görüldüğü üzere su deposu gövdenin kendisini oluşturmaktadır ve üstten açılacak iki delik ile suyu doldurma ve boşaltma işlemleri gerçekleştirilecektir. Pil yuvası daha net anlaşılması için üstü açık olarak Şekil-9 da gösterilmiştir. Ana yapı Şekil-10 ve Şekil-11 de net bir şekilde görülmektedir.



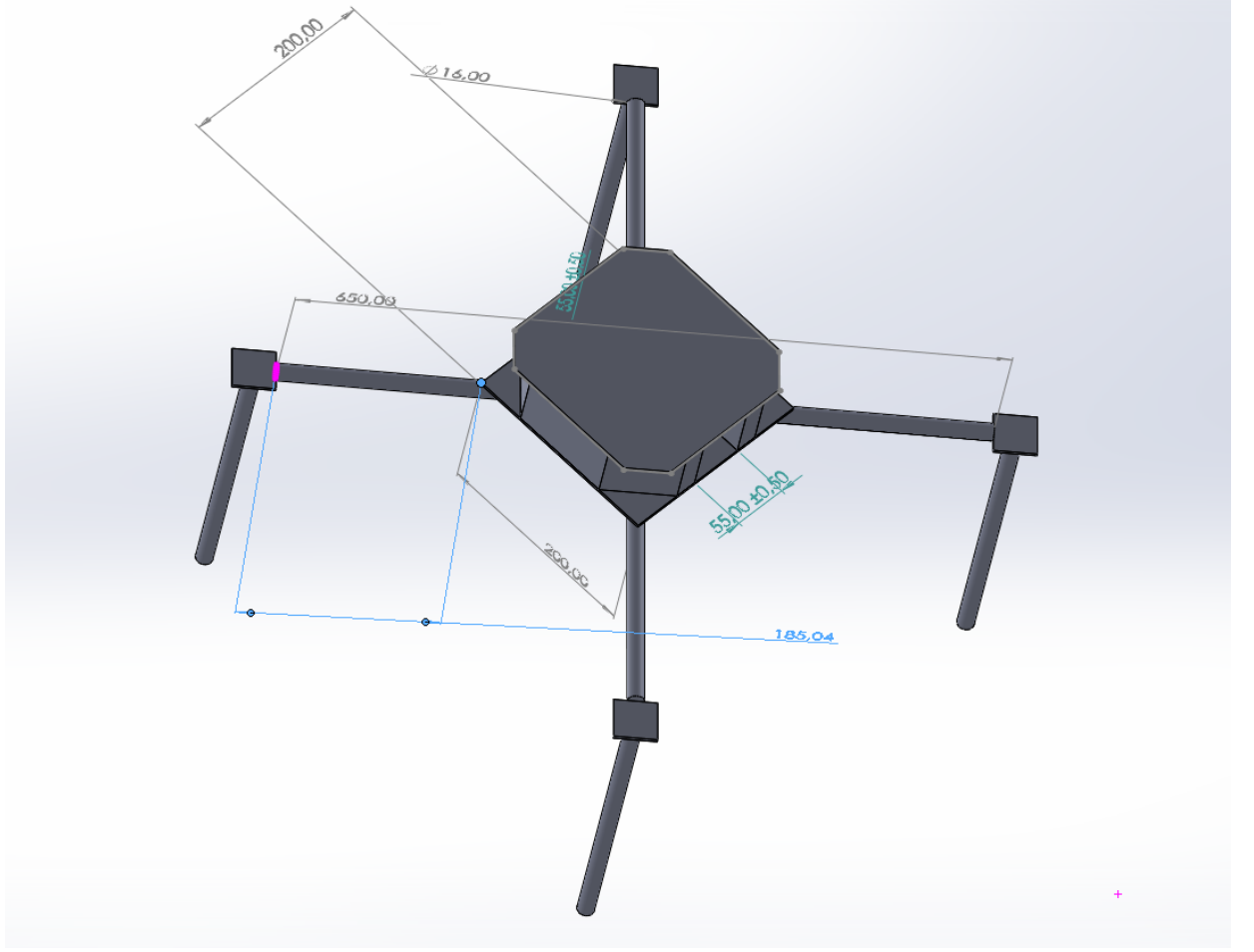
Şekil-8. Su deposu mavi renk ile gösterilmiştir



Şekil-9. Pil yuvasının üstü açık çizimi



Şekil-10. Bütün gövde yandan görünüm



Şekil-11. Bütün gövde üstten görünüm

Elektronik malzemelerin birçoğu en üst plakaya yerleştirilecektir. Pil yuvasının olmadığı diğer yan bölgelerin birisi sigorta birisi PDB için kullanılacaktır. Kol birleşimleri dörtlü dirsek kullanılarak yapılacak ve gövdenin köşelerine gelen kısımlardan gövdeye montaj edilecektir. Gövde dengeli şekilde toplam 5 noktadan desteklenmiş olacaktır ve ağırlık merkezi gövdenin ortasında korunmuş olacaktır.